

## ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

УДК 621.762.4.001

А.В. СТЕПАНЕНКО, Л.А. ИСАВИЧ,  
В.Е. ХАРЛАН

### ОСОБЕННОСТИ ПРОКАТКИ ПОРОШКОВ НА ЖЕСТКОЙ ПОДЛОЖКЕ

В [1] предложен вариант горизонтальной прокатки металлических порошков на жесткой подложке с упорами, ограничивающими объем прокатываемого материала в направлении прокатки. Этот вариант позволяет повысить уровень предельной пластичности порошковых материалов и расширить технологические возможности формирования проката различного типоразмера.

Поскольку пластическое течение материала ограничено в продольном направлении, прокатка по данной схеме характеризуется неизменяющейся скоростью перемещения материала в направлении прокатки, что дает возможности варьировать характер и интенсивность сил контактного трения.

Если прокатка производится только с зоной отставания, то по определяющим уравнениям пластического течения [2] в рамках кинематических ограничений рассматриваемого способа прокатки устанавливаются высокие значения продольного напряжения  $\sigma_x$  на выходе из очага деформации, способного вызвать разрушение сформованного участка брикета. Зона опережения в очаге деформации обеспечивает падение напряжений  $\sigma_x$  и уменьшение полного вектора напряжений  $\vec{\sigma}$  как на выходе из очага деформации, так и в зоне разгрузки за линией центров валков прокатной клетки.

Если протяженность зоны опережения такова, что обеспечивается падение продольного напряжения  $\sigma_x$  до безопасного по условию пластичности  $\sigma_x = [\sigma_x]$ , то траектории нагружения при прокатке брикетов, ограниченных в направлении прокатки, имеют вид, представленный на рис. 1. Здесь точка 1 соответствует концу полного вектора напряжений, лежащего на следе поверхности нагружения [3], соответствующего нейтральному сечению очага деформации. Точка 2 соответствует полному вектору напряжений на выходе из очага деформации, а точка 3 – полному вектору напряжений в зоне разгрузки.

Длина зоны опережения в очаге деформации определяется выбором соответствующего значения коэффициента рассогласования скоростей валков  $\lambda$ , который устанавливается по следующему алгоритму:

1. Для требуемой конечной плотности порошкового брикета  $\rho_{бр}$  из уравнения поверхности нагружения [3] определяем безопасное значение  $[\vec{\sigma}]$ , соответствующее зоне разгрузки. Теперь легко подсчитать необходимое безопасное напряжение

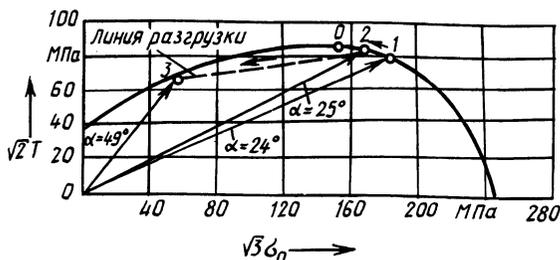


Рис. 1. Траектории безопасного нагружения при прокатке брикетов из железного порошка ПЖ2М2 ( $\rho_{бр} = 0,7$ )

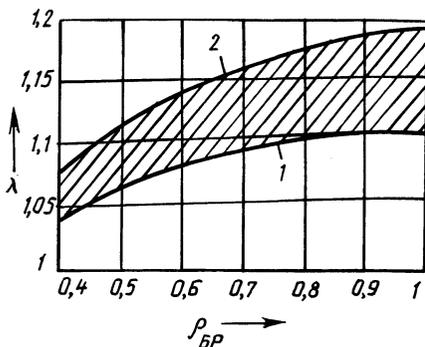


Рис. 2. Зона рабочих значений коэффициентов рассогласования скоростей валков при прокатке брикетов из железного порошка ПЖ2М2

$$[\sigma_x] = (1 + \nu_0^2 \rho_{бр}^4)^{-0,5} [\bar{\sigma}],$$

действующее на выходе из очага деформации и на всем участке сформованного брикета.

2. Предполагая обратной зоне отставания характер распределения нормальных напряжений в зоне опережения, по эпюре изменения продольного напряжения  $\sigma_x$  в зоне отставания определяем необходимую длину зоны опережения  $l_{оп}$ , обеспечивающую падение напряжения  $\sigma_x$  до безопасного  $[\sigma_x]$ .

3. Зная необходимую длину зоны опережения  $l_{оп}$ , из соотношения

$$\lambda = 2(R_{в.в}^2 - l_{оп}^2)^{-0,5} l_{оп}$$

находим искомый коэффициент рассогласования скоростей валков прокатной клетки ( $R_{в.в}$  — радиус верхнего валка).

Зависимость минимально возможных значений  $\lambda$ , устанавливающих длину зоны опережения, в которой происходит падение напряжений  $\sigma_x$  до безопасного  $[\sigma_x]$ , представлена на рис. 2 (кривая 1). Кривая построена при следующих условиях циклической прокатки порошка ПЖ2М2:

$$\rho_{нас} = 0,26; \quad \epsilon_i = 0,1; \quad R_{в.в} = 100 \text{ мм.}$$

Если проследить за траекторией нагружения порошкового брикета в зоне опережения (см. рис. 1), можно заметить, что конец полного вектора напряжений, лежащий на следе поверхности нагружения, после прохождения нейтрального сечения очага деформации (точка 1) перемещается вверх по ниспадающей ветви поверхности к точке 2 (выход из очага деформации). При этом может возникнуть ситуация, когда точка 2 переместится по поверхности нагру-

жения левее точки 0 и в зоне опережения произойдет разрушение брикета. Для этого осуществляется выбор максимально возможной зоны опережения, исключающей возможность "перезагрузки" в зоне опережения. Последнее накладывает ограничение на максимально возможные значения коэффициентов  $\lambda$  (рис. 2, кривая 2).

Таким образом, зона рабочих значений коэффициентов рассогласования скоростей валков при прокатке брикетов по схеме [1] лежит выше кривой 1 и ниже кривой 2 (рис. 2, заштрихованная область).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А. с. 1156854 СССР. Устройство для прокатки порошка на подложке / А.В. Степаненко, Л.А. Исаевич, В.Е. Харлан // Открытия. Изобретения. – 1985. – № 19. 2. Модели деформирования сред с дефектами сплошности / А.В. Степаненко, Л.А. Исаевич, В.Е. Харлан // Изв. АН БССР. Сер. физ.-техн. наук. – 1986. – № 3. – С. 3–8. 3. Сопротивление деформированию уплотняемых материалов при сложном напряженном состоянии / А.В. Степаненко, Л.А. Исаевич, В.Е. Харлан // Докл. АН БССР. – 1986. – Т. XXX. – № 7. – С. 622–625.

УДК 621.771.016.2.01

А.В. СТЕПАНЕНКО, В.А. ЛУПАЧЕВ,  
А.В. ПУЧКО

### ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ УСТОЙЧИВОГО ПРОТЕКАНИЯ ХОЛОДНОЙ ПОПЕРЕЧНО-КЛИНОВОЙ ПРОКАТКИ

При разработке технологического процесса холодной поперечно-клиновой прокатки (ПКП) и проектировании инструмента необходимо учитывать множество факторов, к которым можно отнести следующие: геометрию профиля инструмента, материал и размеры заготовки, ее местоположение, упрочнение материала, жесткость оборудования и др. Значительное число варьируемых параметров создает определенные трудности при проектировании и совершенствовании технологического процесса.

Процесс происходит устойчиво, когда ресурс сил, способствующих вращению заготовки без проскальзывания, превосходит силы, препятствующие ему. Мерой ресурса способствующих вращению сил могут служить касательные напряжения на контакте или коэффициент трения, растущие с увеличением обжатия. Так, например, коэффициент трения при изменении обжатия от 1,02 до 1,2 увеличивается от 0,04 до 0,5. Коэффициент трения зависит от температуры прокатки, состояния поверхности инструмента, теплоперепада в заготовке, изменяющихся в процессе прокатки, поэтому необходимо иметь запас устойчивости протекания процесса ПКП без проскальзывания, который может быть установлен при определении энергии формоизменения при ПКП [1].

Энергия  $\mathcal{E}_1$ , передаваемая от инструмента к деформируемой заготовке, ограничена ресурсом сил трения. В то же время энергия формоизменения заготовки  $\mathcal{E}_2$  непрерывно возрастает с увеличением ее обжатия.

В первом приближении